

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГОРОДСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА ИМЕНИ А.Н. БЕКЕТОВА

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению курсового проекта*

*по дисциплине*

**«ВОДООТВОДЯЩИЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ»**

*(для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения по направлению  
подготовки 6.060103 "Гидротехника (водные ресурсы)")*

Харьков

ХНУГХ

2013

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоотводящие сети и сооружения» (для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 6.060103 «Гидротехника (водные ресурсы)») / Харьк. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А.Н. Бекетова; сост.: Е. А. Ковалева. – Х.: ХНУГХ, 2013. – 47 с.

Составитель: Е. А. Ковалева

Рецензент: доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и очистки вод ХНУГХ, к.т.н. Г. И. Благодарная

Утверждено кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод, протокол № 1 от 31.08.2011 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
1. Проектирование хозяйственно-бытовой сети водоотведения (K1).....	6
1.1. Трассировка сети.....	6
1.2. Определение расчетных расходов.....	9
1.3. Гидравлический расчет водоотводящей хозяйственно-бытовой сети..	13
1.4. Расчет дюкера.....	21
2. Пример выполнения курсового проекта.....	24
Список источников.....	38
Приложения.....	39

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Задание на выполнение проекта и задачи, решаемые при его выполнении**

Данные для расчета выдает преподаватель. Для проектирования системы водоотведения необходимо иметь следующие основные материалы и данные:

1. Утвержденный проект планировки территории в масштабе 1:10000 – 1:5000 для городов и поселков с горизонталями через 0,5-1,0 м;
2. Данные о нормах водоотведения сточной жидкости и плотности населения;
3. Геологические и гидрологические данные о грунтах и подземных водах в районе проектирования.

При проектировании водоотводящей сети решают следующие задачи:

1. Определяют бассейны канализования;
2. Намечают трассировку водоотводящей сети;
3. Определяют и назначают начальную глубину заложения труб;
4. Определяют расчетные расходы для расчетных участков сети;
5. Производят гидравлический расчет и конструирование водоотводящей сети;
6. Составляют и проектируют продольные профили водоотводящей сети;
7. Проектируют сооружения на водоотводящей сети (насосные станции перекачки, смотровые и перепадные колодцы, дюкеры).

### **Объем и состав курсового проекта**

Проект состоит из двух частей: графической (один лист формата А1, лист миллиметровой бумаги формата А3 или А2) и расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть включает в себя следующие элементы:

1. План города (населенного пункта) с нанесением бытовой сети водоотведения;
2. Профиль главного коллектора бытовой сети водоотведения;
4. Разработку одного из инженерных сооружений (смотрового или перепадного колодца, дюкера, перехода под железной дорогой и т.д.).

В расчетно-пояснительной записке должны быть изложены следующие вопросы:

1. Исходные данные (Задание на проектирование);
2. Определение расчетных расходов;
3. Трассировка бытовой водоотводящей сети;
4. Определение начальной глубины заложения коллектора;
5. Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети водоотведения;

## 6. Список используемых источников.

Расчетно-пояснительная записка должна быть распечатана на компьютере с одной стороны листа формата А4. Текст печатается шрифтом Times New Roman; размер шрифта 14 пт; междустрочный интервал 1,5 строки; выравнивание текста – по ширине; названия разделов – по центру, полужирное начертание. Поля страницы: верхнее и нижнее – 2 см; справа – 1-1,5 см; слева – 2,5 см. Абзацы в тексте отступают от границы текста на 1-1,27 см. Нумерацию страниц пояснительной записки проставляют в правом верхнем углу арабскими цифрами без точки. Все формулы должны быть представлены сначала в общем виде с полным указанием всех обозначений, а затем их расчет. Формулы нумеруют в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в этом разделе, разделенных точкой. Номер формулы располагают на уровне формулы в круглых скобках в крайнем правом положении.

Образец титульного листа представлен в Приложении 1.

Исходные данные представлены в Приложениях 6 и 7.

## Генплан

Генплан оформляется на листе ватмана формата А1.

На плане местности с помощью масштабной линейки в соответствии с масштабом генерального плана следует определить площадь каждого квартала, отведенного под жилую застройку. Далее необходимо пронумеровать все пятна застройки или кварталы селитебной территории. Рекомендуются номера располагать в левом верхнем углу каждого квартала, в числителе, а площадь квартала в гектарах (га) в знаменателе. Площади, отведенные под зеленые насаждения, не нумеруются. На территориях, отведенных под промышленные предприятия, написать их наименование или пронумеровать (ПП №...).

Кроме плана местности на листе генплана размещаем схему дюкера.

Образец оформления штампа для листа представлен в Приложении 8.

# **1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ СЕТИ ВОДООТВЕДЕНИЯ (К1)**

## **1.1. Трассировка сети**

Под трассировкой канализационной сети понимают определение месторасположения уличных сборных коллекторов на плане объекта водоотведения. Основная задача при трассировке заключается в обеспечении самотечного режима движения на всем протяжении сети.

При трассировке сети необходимо учитывать:

- рельеф местности для уменьшения глубины заложения труб и отвода сточных вод самотеком;
- местоположение очистных сооружений канализации;
- принятый вид системы канализации;
- характер застройки кварталов;
- очередность строительства.

Для городов с плоским рельефом трассировка канализационной сети значительно сложнее, так как даже при небольшой длине канализационной линии получается большое заглубление ее, что в свою очередь вызывает необходимость устройства районных станций перекачки.

В нормальных грунтовых условиях наибольшая глубина заложения канализационной сети допускается до 7-8 м при производстве работ открытым способом. Поэтому при заглублении коллектора, приближающемся к 7-8 м, следует ставить районную насосную станцию и перекачивать воду в следующий колодец, откуда канализационная линия начинается с минимально допустимой глубины заложения.

На рис. 1.1 приведены типовые схемы водоотводящей сети, устраиваемые в различных сочетаниях, на рис. 1.2 – трассировка уличных сетей канализации. Глубину заложения канализационных труб по экономическим соображениям следует принимать по возможности наименьшей.

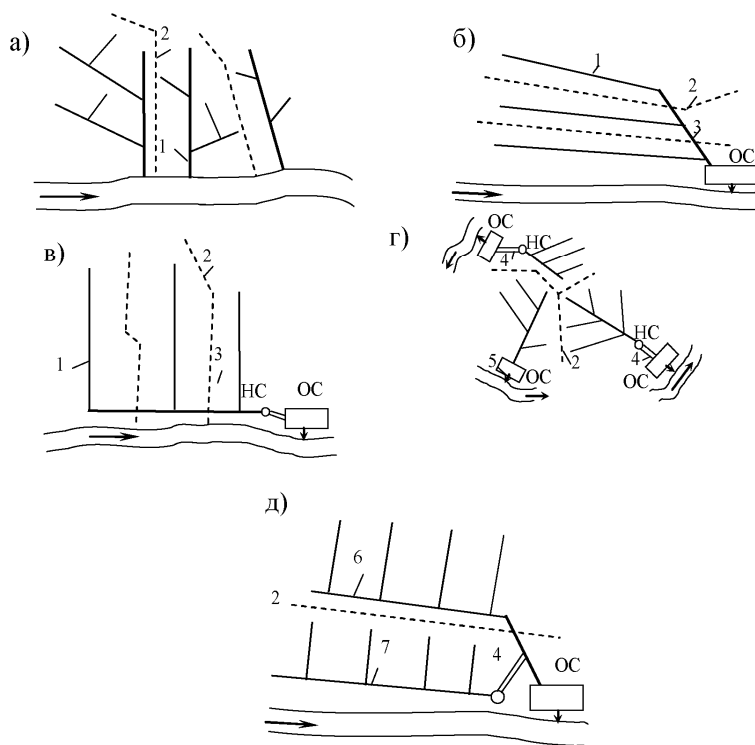


Рис. 1.1 – Варианты возможных схем канализационных сетей:

а – перпендикулярная схема; б – параллельная схема; в – пересеченная схема; г – радиальная схема; д – зонная схема; 1 – коллекторы бассейнов канализования; 2 – граница бассейнов канализования; 3 – главный коллектор; 4 – напорный трубопровод; 5 – выпуск; 6,7 – главные коллекторы верхней и нижней зон

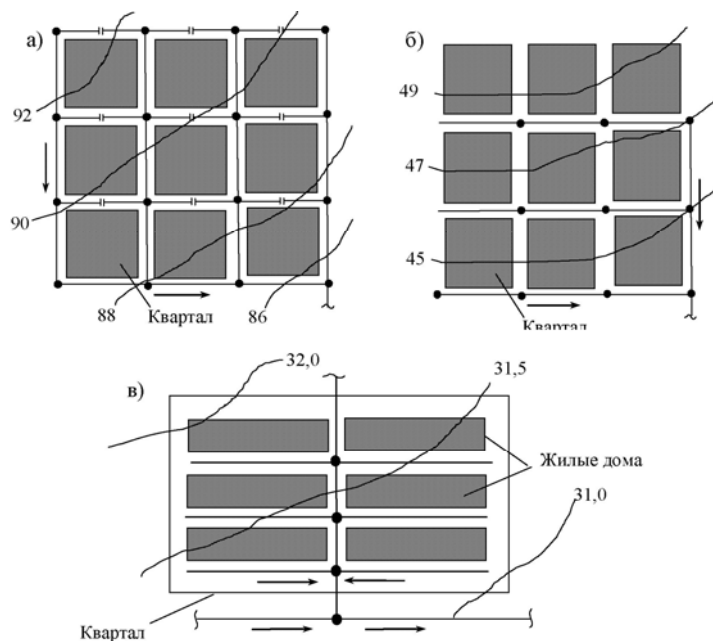


Рис. 1.2 – Трассирование уличных сетей:

а – объемлющая трассировка; б – трассировка по пониженной стороне квартала; в – черезквартальная трассировка

На плане местности с помощью масштабной линейки в соответствии с масштабом генерального плана следует определить площадь каждого квартала, отведенного под жилую застройку. Далее необходимо пронумеровать все пятна застройки или кварталы селитебной территории. Рекомендуется номера располагать в левом верхнем углу каждого квартала, в числителе, а площадь квартала в гектарах (га) в знаменателе. Площади, отведенные под зеленые насаждения, не нумеруются. На территориях, отведенных под промышленные предприятия, написать их наименование или пронумеровать (ПП №...). Пример трассировки сети представлен на рис. 1.3.

Пример трассировки сети представлен на рис. 1.3.

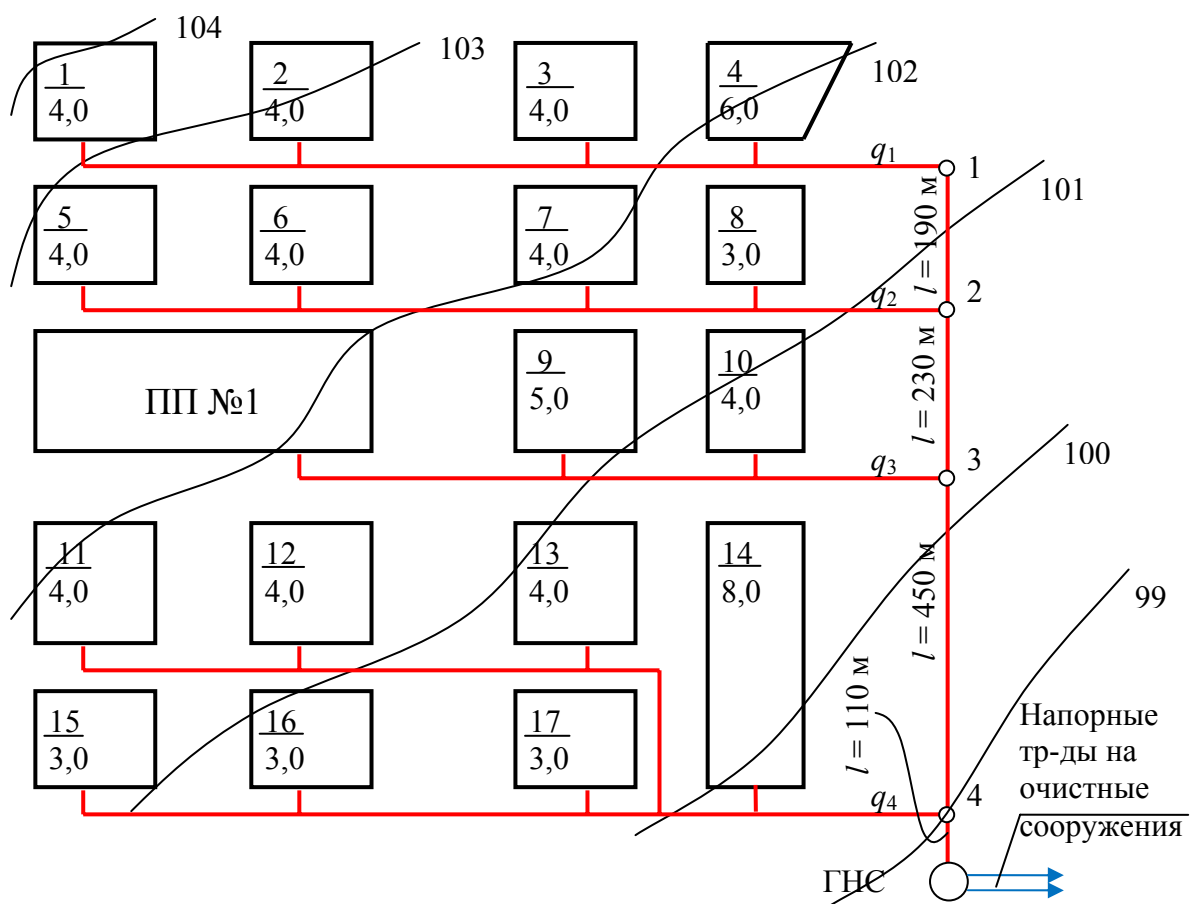


Рис. 1.3 – Образец схематического плана района города с канализационной сетью



## 1.2. Определение расчетных расходов

### 1.2.1. Определение расходов бытовых и производственных сточных вод

#### 1.2.1.1. Расход сточных вод от населения

*Среднесуточный расход*, м<sup>3</sup>/сут

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{1000}. \quad (1.1)$$

*Средний секундный расход*, л/с

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{86400}. \quad (1.2)$$

где  $N$  – расчетная численность населения:  $N = P \cdot F$ , человек;

$P$  – плотность населения, чел/га;

$F$  – площадь жилых кварталов, га;

$q_{\delta}$  – удельное водоотведение, л/сут от одного жителя;

Для упрощения расчета притоков сточных вод в сети водоотведения в инженерной практике используют понятие *модуль расхода* или *модуль стока*.

Модуль стока определяется для селитебных территорий (для каждого района или квартала с различными плотностями населения и удельными нормами водоотведения). **Модуль стока** – расход сточных вод с единицы площади жилых кварталов, определяется по формуле:

$$q_0 = \frac{q_{\delta} \cdot P}{86400}, \text{ л/с} \cdot \text{га} \quad (1.3)$$

Если модуль стока умножить на соответствующую площадь квартала, то получится средний приток сточных вод с этого квартала, л/с:

$$q_{mid.s} = q_0 \cdot F. \quad (1.4)$$

Расчетные данные по жилой застройке и расходы сточных вод сводим в табл. 1.1. Значения расходов округляем до тысячных долей метра.

Таблица 1.1 – Расчет численности населения и среднего расхода сточных вод

Номер квартала	Площадь квартала $F$ , га	Население		Удельное водоотведение $q_{\delta}$ , л/(чел·сут)	Модуль стока $q_0$ , л/(с·га)	Средний расход		
		Плотность населения $P$ , чел/га	Численность населения $N$ , чел.			суточный, $Q_{mid}$ , м <sup>3</sup> /сут	часовой, $Q_{mid.ч}$ , м <sup>3</sup> /ч	секундный $q_{mid.с}$ , л/с
1	2	3	5	4	6	7	8	9
I район								
Итого:								
II район								
Итого:								
Всего:								

#### 1.2.1.2. Расход бытовых сточных вод от промышленных предприятий

**Среднесуточный расход**, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{mid} = \frac{(25N_1 + 45N_2)}{1000}, \quad (1.5)$$

где  $N_1, N_2$  – число работающих в сутки соответственно в холодных и горячих цехах;

25 и 45 – удельное водоотведение бытовых сточных вод в л/см на 1 работающего соответственно в холодных и горячих цехах.

**Расчетный расход**, л/с:

$$q_{max.s} = \frac{(25N_3K_1 + 45N_4K_2)}{T \cdot 3600}, \quad (1.6)$$

где  $N_3, N_4$  – число работающих в максимальную смену с удельным водоотведением соответственно 25 и 45 л на одного человека в смену;

$K_1, K_2$  – коэффициенты часовой неравномерности водоотведения, равные 3 и 2,5 при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/смену на одного работающего;

$T$  – продолжительность смены в часах.

#### 1.2.1.3. Расход душевых сточных вод

Душ должен работать 45 мин.

**Максимальный расход за смену**, м<sup>3</sup>/см:

$$Q_{max.см} = \frac{q_{qc} \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (1.7)$$

**Расчетный расход, л/с:**

$$q_{\max..s}'' = \frac{q_{qc} \cdot m_q}{3600}, \quad (1.8)$$

где  $q_{qc}$  – расход воды через одну душевую сетку, равный 500 л в час;

$m_q$  – число душевых сеток, зависит от количества рабочих, пользующихся душем в максимальную смену. Количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой, принимается в соответствии с [1, табл. 6] в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов (данное значение приведено в Задании на проектирование по вариантам).

#### 1.2.1.4. Расход производственных сточных вод

**Средний суточный расход сточных вод от технологических процессов, м<sup>3</sup>/сут:**

$$Q_{mid} = M \cdot q_{np}, \quad (1.9)$$

**Расчетный расход производственных сточных вод, л/с:**

$$q_{\max..s}''' = \frac{M_1 \cdot q_{np}}{T \cdot 3,6} K_1, \quad (1.10)$$

где  $M$  и  $M_1$  – количество единиц выпускаемой продукции соответственно в сутки и в максимальную смену;

$q_{np}$  – удельное водоотведение, м<sup>3</sup>, на единицу продукции;

$K_1$  – коэффициент часовой неравномерности сброса производственных сточных вод.

**Сосредоточенный расход от промпредприятия, л/с, составит:**

$$q_{cocr.} = q_{\max..s}' + q_{\max..s}'' + q_{\max..s}''', \quad (1.11)$$

#### 1.2.2. Определение расчетных расходов на участках сети

Расчетным называют участок сети между двумя точками (колодцами), на котором расчетный расход является неизменным. Расчетный расход сточных вод для каждого расчетного участка сети определяют как сумму расходов:

- **попутного**, поступающего в расчетный участок от жилой застройки, расположенной по длине (по пути);
- **транзитного**, поступающего от расположенных выше кварталов;
- **бокового**, поступающего от присоединяемых линий;

- **сосредоточенного**, поступающего в расчетный участок от отдельных крупных водопотребителей (пром. предприятия, бани, прачечные и т.п.).

**Попутный** – расход является переменным, возрастающим от нуля в начале участка до полной своей величины в конце.

**Транзитный, боковой, сосредоточенный** – расходы, поступающие в начало участка, неизменны для всего расчетного участка.

Для упрощения расчетов считают, что попутный расход от жилых кварталов поступает в начало участка; при определении его величины принимают, что он пропорционален площади квартала или канализуемой территории, тяготеющей к расчетному участку.

Расчетный расход сточных вод на отдельном участке сети определяется как сумма транзитного, бокового и попутного расходов, умноженная на максимальный коэффициент неравномерности  $K_{gen.max}$  (Приложение 2):

$$q_{max.s} = q_{mid.s} \cdot K_{gen.max} \quad (1.12)$$

Так, для участка 1-2 главного коллектора (см. рис. 1.1) приток сточных вод от кварталов 1-4 является *боковым*, на участке 2-3 – от кварталов 5-8 – *боковой*, а от участка 1-2 – *транзитный*. На участке 3-4: от кварталов 9-10 – расход *боковой*, от участка 2-3 расход является *транзитным*, а от промпредприятия – *сосредоточенным*.

Результаты определения расходов сточных вод для участков главного коллектора сводим в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Определение расходов сточных вод для участков главного коллектора

№№ участков	№№ кварталов	Расходы, л/с				Коэффициент неравномерности	Расчетный расход от населения, л/с	Промпредприятия		Общий расчетный расход, л/с
		попутный	боковой	транзитный	итого			№№	Сосредоточенный расход, л/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

### 1.3. Гидравлический расчет водоотводящей хозяйственно-бытовой сети

Задачей гидравлического расчета водоотводящей хозяйственно-бытовой сети является нахождение оптимальных диаметров, скорости, наполнения трубопроводов, отметок и уклона коллектора.

#### 1.3.1. Определение начальной глубины заложения коллектора

Начальную глубину заложения коллектора определяют исходя из следующих условий:

##### 1. Условие незамерзания

По опыту эксплуатации минимальная глубина принимается равной в начальной точке

$$h_{\min 1} = h_{np.} - a, \quad (1.13)$$

где  $h_{np.}$  – глубина промерзания грунта, м;

$a$  – величина, зависящая от диаметра трубопровода: при диаметре до 500 мм –  $a = 0,3$  м, при диаметре  $> 500$  мм –  $0,5$  м.

##### 2. Условие нераздавливаемости коллектора транспортом

При массе транспорта  $< 25$  т – начальная глубина заложения лотка трубопровода равна:

$$h_{\min 2} = 0,7 + d, \text{ м.} \quad (1.14a)$$

При массе транспорта  $> 25$  т – начальная глубина заложения лотка трубопровода составит:

$$h_{\min 2} = 1,5 + d, \text{ м.} \quad (1.14б)$$

#### 1.3.2. Гидравлический расчет бытовой сети

Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети водоотведения выполняют в следующей последовательности:

1. **Номера участков** записываются по порядку, т.е. 1-2, 2-3, 3-4 и т.д.;
2. **Длины участков**, м (измеряются с помощью линейки на генплане, пересчитываются по масштабу и записываются в графу в метрах);
3. **Расчетный расход**  $q_{\max.s}$ , л/с (расчетный расход на том или ином участке, определяемый по формуле (1.12));
4. **Диаметр трубопровода на участке**  $d$ , мм

При расчете следует руководствоваться следующими положениями:

- ✓ допускается на последующем участке уменьшение диаметра, но не более, чем на один размер по сортаменту;
- ✓ диаметры, материал и марки труб принимают только по сортаментам, определенным ГОСТами (Приложения 3 и 4) ;
- ✓ возможность подключения боковых присоединений проверяют гидравлическим расчетом.

Согласно СНиПу [1] при расчетном расходе в сети менее 10 л/с диаметр трубопровода принимается по экономическим соображениям согласно п. 2.33.

Наименьшие диаметры труб самотечных сетей следует принимать, мм:

- ✓ для уличной сети – 200, для внутриквартальной сети бытовой и производственной канализации – 150;
- ✓ для дождевой и общесплавной уличной сети – 250, внутриквартальной – 200;
- ✓ наименьший диаметр напорных илопроводов – 150 мм.

*Примечания:*

1. В населенных пунктах с расходом до 300 м<sup>3</sup>/сут для внутриквартальной и уличной сетей допускается применение труб диаметром 150 мм.
2. Для производственной канализации при соответствующем обосновании допускается применение труб диаметром менее 150 мм.

## 5. Уклон трубы $i$ , м

При расчете канализационных сетей необходимо правильно установить минимальные уклоны. Согласно СНиПу [1, п. 2.41] наименьшие уклоны трубопроводов и каналов следует принимать в зависимости от допустимых минимальных скоростей движения сточных вод.

Наименьшие уклоны трубопроводов для всех систем канализации следует принимать для труб диаметрами: 150 мм – 0,008, 200 мм – 0,007.

В зависимости от местных условий при соответствующем обосновании для отдельных участков сети допускается принимать уклоны для труб диаметрами: 200 мм – 0,005, 150 мм – 0,007.

## 6. Скорость воды $v$ , м/с

Согласно СНиПу [1, п. 2.34] во избежание заиливания канализационных сетей расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения труб и каналов и крупности взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах.

При наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой и дождевой канализации наименьшие скорости следует принимать по табл. 1.3 (табл. 16 [1]).

Таблица 1.3 – Наибольшие расчетные наполнения труб при наименьших скоростях

Диаметр $d$ , мм	Скорость $v_{min}$ , м/с, при наполнении $h/d$			
	0,6	0,7	0,75	0,8
150-250	0,7	-	-	-
300-400	-	0,8	-	-
450-500	-	-	0,9	-
600-800	-	-	1	-
900	-	-	1,15	-
1000-1200	-	-	-	1,15
1500	-	-	-	1,3
Св. 1500	-	-	-	1,5

*Примечания:*

1. Для производственных сточных вод наименьшие скорости следует принимать в соответствии с указаниями по строительному проектированию предприятий отдельных отраслей промышленности или по эксплуатационным данным.
2. Для производственных сточных вод, близких по характеру взвешенных веществ к бытовым, наименьшие скорости надлежит принимать как для бытовых сточных вод.
3. Для дождевой канализации при  $P = 0,33$  года наименьшую скорость следует принимать 0,6 м/с.

#### 7. Наполнение $h/d$ , м

При раздельной системе канализации на практике установлены следующие минимальные наполнения в трубах при пропуске по ним расчетного расхода бытовых и производственных сточных вод:

$d = 150 - 250$  мм,  $h/d \leq 0,6$  м;

$d = 300 - 400$  мм,  $h/d \leq 0,7$  м;

$d = 450 - 900$  мм,  $h/d \leq 0,75$  м;

$d \geq 1000$  мм,  $h/d \leq 0,8$  м.

#### 8. Глубина воды $h$ , м

Глубина воды определяется путем перемножения расчетного наполнения и диаметра трубы:

$$h = \frac{h}{d} \cdot d. \quad (1.17)$$

#### 9. Уклон земли по участкам $i_3$ , м

Уклон земли по участкам равен:

$$i_3 = \frac{z_{3H} - z_{3K}}{l}, \quad (1.18)$$

где  $z_{3H}$  – отметка земли в начале участка;

$z_{зк}$  – отметка земли в конце участка;

$l$  – длина участка.

10. **Падение линии  $h_i$ , м**

Падение линии определяется путем перемножения уклона трубы и длины участка:

$$h_i = i \cdot l. \quad (1.19)$$

11. **Отметки земли в начале и в конце каждого участка**

Отметки земли определяются непосредственно по генплану, путем интерполяции, с округлением значений до сотых долей метра.

12. **Отметка воды в начале участка, м**

Отметка воды в начале участка составляет:

$$Z_{вн} = Z_{лн} + h, \quad (1.20)$$

где  $Z_{лн}$  – отметка лотка (низа) трубы в начале участка, м;

$h$  – глубина воды, м.

13. **Отметка воды в конце участка, м**

Отметка воды в конце участка составляет:

$$Z_{вк} = Z_{лк} + h, \quad (1.21)$$

где  $Z_{лк}$  – отметка лотка (низа) трубы в конце участка, м.

14. **Начальная отметка лотка (низа) трубы, м**

Начальная отметка лотка (низа) трубы:

$$Z_{лн} = Z_{л} - h_{нач}, \quad (1.22)$$

где  $h_{нач}$  – начальное заглубление, м.

15. **Отметка лотка в конце участка, м**

Отметка лотка трубопровода в конце участка:

$$Z_{лк} = Z_{лн} - i \cdot l, \quad (1.23)$$

где  $i \cdot l$  – падение линии.

*Примечание:* Индексами «з», «в», «л» обозначено соответственно: земля, вода, лоток, а индексами «н», «к» - соответственно, начальная и конечная отметки.

Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети водоотведения сводим в табл. 1.4.



Таблица 1.4 – Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети

№№ участков	Длина участка $l$ , м	Расчетный расход, л/с	Диаметр $d$ , мм	Уклон $i$	Скорость $V$ , м/с	Наполнение $h/d$	Падение линии $h=i \cdot l$ , м	Отметки, м				Глубина заложения, м	
								поверхн. земли		лотка трубы		в начале участка	в конце участка
								в начале участка	в конце участка	в начале участка	в конце участка		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

На основании гидравлического расчета строится продольный профиль главного коллектора, пример которого приведен в Приложении 5.

### 1.3.3. Соединение труб в колодцах

Соединение труб в колодцах осуществляется следующими способами:

а) по воде; б) по шельге; в) по лотку.

Выбор способа (рис. 1.4) зависит от расчета сети при переходе от предыдущего к последующему участку, для которого приняты индексы «'», т.е.

а) если  $d' > d$  и  $h' - h < d' - d$ ,

то  $Z'_{лн} = Z_{лк} - (d' - d)$ ;

$Z'_{вн} = Z'_{лн} + h'$  – соединение ведется по «шельгам труб»;

б) если  $d' \leq d$  и  $h > h'$  или  $d' > d$ , а также  $h' - h > d' - d$ ,

то  $Z'_{вн} = Z_{вк}$ ;

$Z'_{лн} = Z'_{вн} - h'$  – соединение ведется по «уровням воды»;

в) если  $d' \leq d$  и  $h' < h$ ,

то  $Z'_{лн} = Z_{лк}$ ;

$Z'_{вн} = Z'_{лн} + h'$  – соединение ведется по «лоткам труб».

Необходимо стремиться прокладывать трубопроводы на минимально допустимой глубине, т.е. принимать  $i_{mp} < i_3$ . Однако если такой уклон трубопровода не обеспечивает необходимой скорости, тогда его увеличивают так, чтобы скорость течения сточных вод в трубопроводе оказалась равной минимально допустимой или незначительно ее превышала.

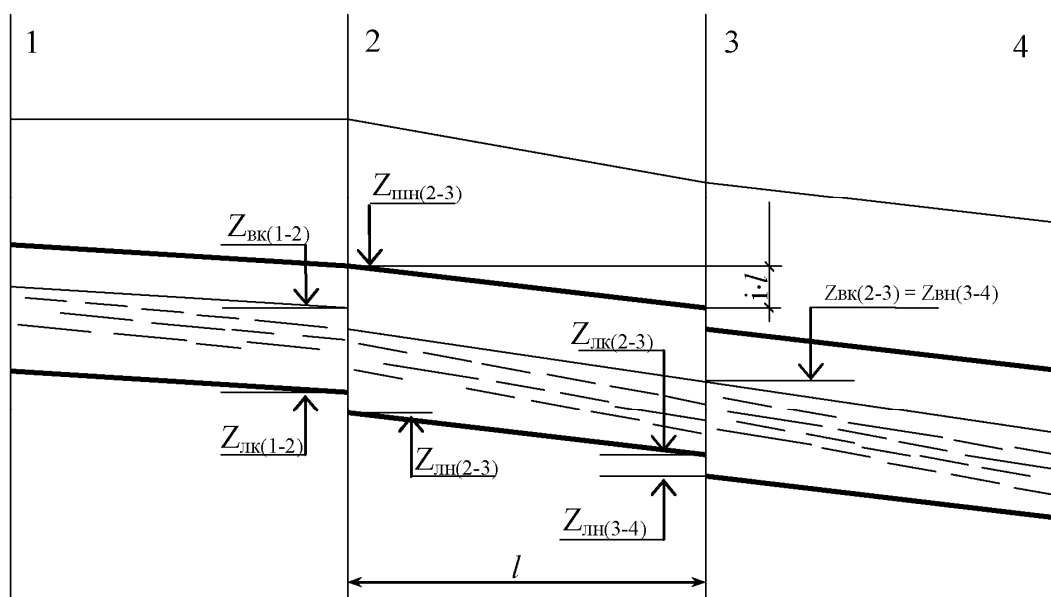


Рис. 1.4 – Расчетное соединение труб:

в точке 2 – соединение «по шельгам труб»; в точке 3 – соединение «по воде»

Если скорость течения сточных вод на предыдущем участке больше, чем на последующем, во избежание образования отогнанного гидравлического прыжка и накопления отложений, следует в некоторых случаях устраивать перепадной колодец для гашения скорости.

Условия необходимости устройства колодца:

- 1)  $h_1 < h_{кр,1}$ ;
- 2)  $h_2 > h_{кр,2}$ ;
- 3)  $h_2 < h_{с,1}$ ;
- 4)  $h_{кр} = 0,585\sqrt{Q} \cdot D^{-0,3}$ ,  $Q$  – расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;
- 5)  $h_{с,1} = \frac{1,16 \cdot h_{кр,1}^2}{h_1 + 0,16 \cdot h_{кр,1}}$ ,

где  $h_1$  и  $h_2$  – наполнения на предыдущем и последующем участках;

$h_{кр}$  – критическая глубина;

$h_{с}$  – сопряженная глубина.

### Пример 1.

$h_1 = 0,24$  м,  $D = 0,4$  м,  $V = 2,7$  м/с,  $Q = 0,21$   $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$h_1 = 0,36$  м,  $D = 0,6$  м,  $V = 1,2$  м/с,  $Q = 0,21$   $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$h_{кр} = 0,585\sqrt{0,21} \cdot 0,4^{-0,3} = 0,343$  м,

$$h_{кр} = 0,585\sqrt{0,21 \cdot 0,6^{-0,3}} = 0,23 \text{ м},$$

$$h_{c,1} = \frac{1,16 \cdot 0,343^2}{0,24 + 0,16 \cdot 0,343} = 0,46 \text{ м}.$$

Так как все три условия соблюдаются  $0,24 < 0,343$ ;  $0,36 > 0,23$ ;  $0,36 < 0,46$ , необходимо устройство перепадного колодца для гашения скорости. Величина перепада в этом случае принимается равной диаметру большей трубы, т.е. 0,6 м.

### Пример 2.

$$h_l = 0,325 \text{ м}, D = 0,5 \text{ м}, V = 2,81 \text{ м/с}, Q = 0,38 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$h_l = 0,36 \text{ м}, D = 0,8 \text{ м}, V = 1,3 \text{ м/с}, Q = 0,52 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$h_{кр} = 0,585\sqrt{0,38 \cdot 0,5^{-0,3}} = 0,44 \text{ м},$$

$$h_{кр} = 0,585\sqrt{0,52 \cdot 0,8^{-0,3}} = 0,45 \text{ м},$$

$$h_{c,1} = \frac{1,16 \cdot 0,44^2}{0,325 + 0,16 \cdot 0,44} = 0,57 \text{ м}.$$

Третье условие  $h_2 < h_{c,1}$  не соблюдается, гидравлический прыжок будет затоплен, следовательно, перепадной колодец не нужен.

## 1.4. Расчет дюкера

Во входной камере дюкера имеются два отделения – *мокрое*, в котором находятся открытые лотки, и *сухое*, в котором размещаются трубы и задвижки (см. рис. 1.5). Согласно СНиП 2.04.03-85 [1], дюкер должен быть проложен не менее чем в 2 рабочие линии из стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией диаметром не менее 150 мм. Трасса дюкера должна:

- быть перпендикулярной пересечению,
- иметь минимальную длину и заложение труб,
- проходить в наиболее благоприятных грунтовых условиях,
- иметь неразмываемые берега и дно реки.

Средний участок трубопровода укладывают с небольшим уклоном, а боковые ветви – с углом наклона к горизонту  $\alpha$  не более  $20^\circ$ . Глубина укладки подводной части дюкера  $h$  не должна быть менее 0,5 м, а в пределах фарватера – не менее 1 м. Расстояние между рабочими линиями в свету  $b$  должно быть не менее 0,7...1,5 м.

Каждая линия дюкера должна проверяться на пропуск расчетного расхода с учетом допустимого подпора в мокром отделении входной камеры. Скорости

при нормальном режиме в трубах ( $V_0$ ) должны приниматься не менее 1 м/с. Если же при расчетных расходах не обеспечиваются минимальные скорости, то одну из линий следует принимать резервной.

При прохождении через дюкеры сточная жидкость испытывает сопротивление от трения при движении по трубам и ряд добавочных местных сопротивлений, как-то: сопротивление при входе в дюкерную трубу, сопротивление при выходе из нее и сопротивление при прохождении через повороты, обуславливаемые очертанием дюкера. Движение воды в дюкере происходит под напором, образующимся в результате разности уровня воды в его начале и конце.

Величина всех сопротивлений, испытываемых сточной жидкостью при прохождении ее через дюкер, выражается общей формулой:

$$H = i \cdot L + \sum \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (1.24)$$

где  $i$  – единичное сопротивление в дюкере;

$L$  – длина дюкера;

$\xi$  – коэффициент сопротивления, характеризующий размер потери напора, вызванной местным сопротивлением в дюкере;

$V$  – скорость течения сточной жидкости в дюкере,  $\geq 1$  м/с;

$g$  – ускорение от силы тяжести.

Расчет дюкера ведется по таблицам Лукиных [2].

Потери напора, приходящейся на единицу длины трубопровода (так называемые единичные сопротивления), определяются при  $n = 0,013$  по таблице 44 [2].

Сопротивление при входе в дюкер  $h_1$  определяется по табл. 45 [2].

Сопротивление при выходе из дюкера  $h_2$  определяется по табл. 46 [2].

Сопротивления в закруглениях  $h_3$  определяется по табл. 47 [2] при принятой скорости в дюкере  $V$ .

Полное сопротивление в дюкере равно

$$H = i \cdot L + h_1 + h_2 + h_3, \text{ м.} \quad (1.25)$$

Разность отметок лотков труб в начале и в конце дюкера принимается равной потерям напора.

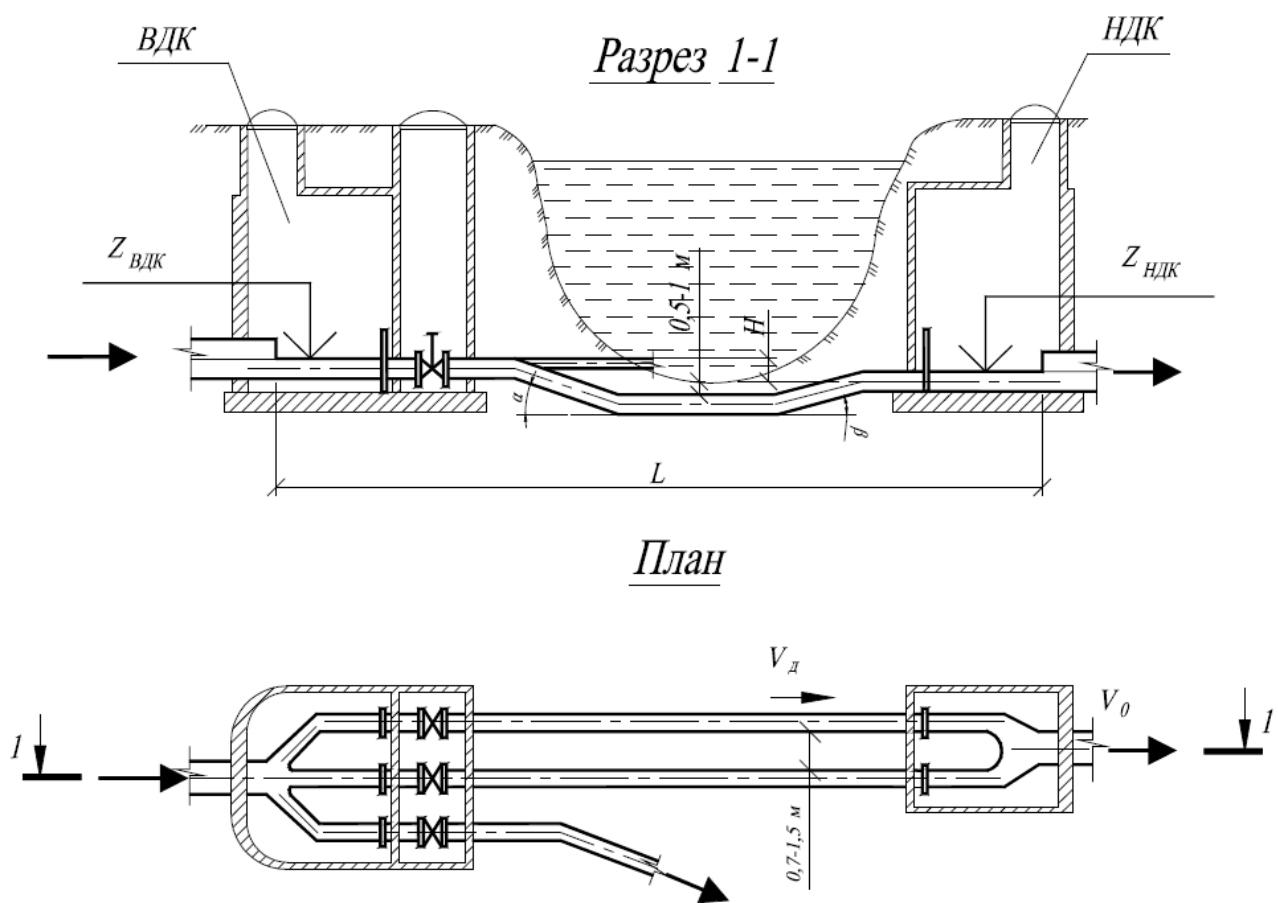


Рис. 1.5 – Схема устройства дюкера через реку

## 2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Исходные данные

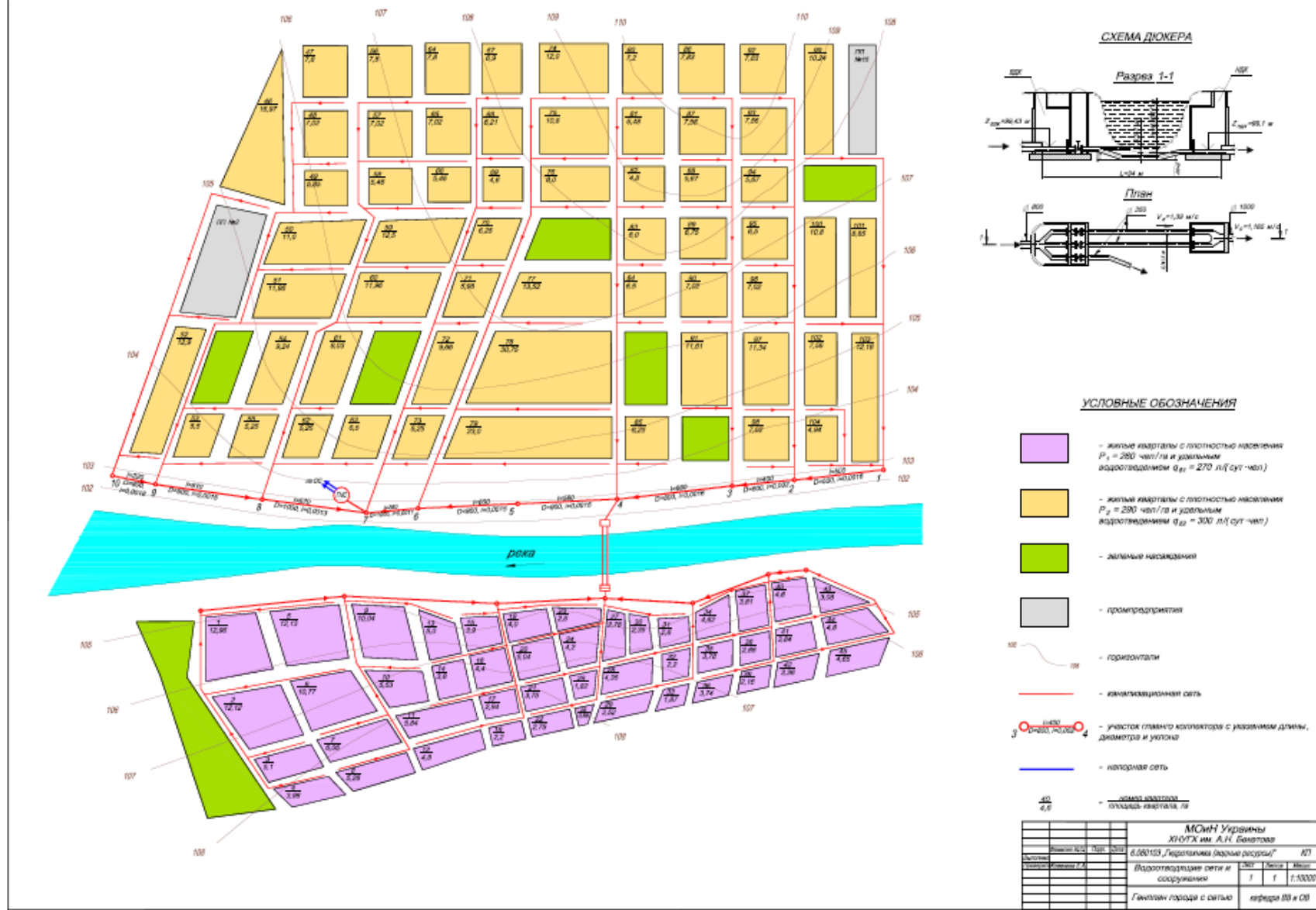
Вариант № \_\_\_\_

#### Данные для расчета расходов от населения

№№ промпредприятий	Плотность населения $P$ , чел./га		Удельное водоотведение, $q_{\delta}$ , л/(сут.·чел.)	
	$P_1$	$P_2$	$q_{\delta 1}$	$q_{\delta 2}$
15, 2	260	290	270	300

#### Данные для расчета расходов на промпредприятиях

№ п/п	Наименование ПП	Кол- во см.	Общее кол-во работ., чел.	Произв- сть ПП	Уд. расход воды на единицу продукции, $\text{м}^3$	$K_{\text{ч}}$ сброса произв. СВ	Кол-во чел. на 1 душ. сетку	Польз. душем, %
2	Кирпичный завод	3	249	5000 шт./сут	2,3	1,5	3	80
15	З-д легковых автомобилей	3	6800	700 шт./сут	0,5	1,1	15	50



## 2.1. Определение расчетных расходов

### 2.1.1. Расходы сточных вод от населения

*Среднесуточный расход*, м<sup>3</sup>/сут

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{1000}, \quad (2.1.1)$$

*Средний секундный расход*, л/с

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{86400}, \quad (2.1.2)$$

где  $N$  – расчетная численность населения:  $N = P \cdot F$ , человек;

$P$  – плотность населения, чел/га;

$F$  – площадь жилых кварталов, га;

$q_{\delta}$  – удельное водоотведение, л/сут от одного жителя;

*Модуль стока* определяем по формуле:

$$q_0 = \frac{q_{\delta} \cdot P}{86400}, \text{ л/с} \cdot \text{га} \quad (2.1.3)$$

Если модуль стока умножить на соответствующую площадь квартала, то получим средний приток сточных вод с этого квартала, л/с:

$$q_{mid.s} = q_0 \cdot F. \quad (2.1.4)$$

Расчетные данные по жилой застройке и расходы сточных вод сводим в табл. 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Расчет численности населения и среднего расхода сточных вод

Номер квартала	Площадь квартала $F$ , га	Население		Удельное водоотведение $q_{\delta}$ , л/(чел·сут)	Модуль стока $q_0$ , л/(с·га)	Средний расход		
		Плотность населения $P$ , чел/га	Численность населения $N$ , чел.			суточный, $Q_{mid}$ , м <sup>3</sup> /сут	часовой, $Q_{mid.ч}$ , м <sup>3</sup> /ч	секундный $q_{mid.s}$ , л/с
1	2	3	5	4	6	7	8	9
<b>I район</b>								
1	12,96	260	3369,6	270	0,8125	909,79	37,908	10,53
2	12,12	260	3151,2	270	0,8125	850,82	35,45	9,85
3	5,1	260	1326	270	0,8125	358,02	14,92	4,15
4	3,96	260	1029,6	270	0,8125	277,99	11,58	3,22
5	12,13	260	3153,8	270	0,8125	851,53	35,48	9,86
6	10,77	260	2800,2	270	0,8125	756,05	31,50	8,75
7	6,06	260	1575,6	270	0,8125	425,41	17,73	4,92
8	5,28	260	1372,8	270	0,8125	370,66	15,44	4,29
9	10,04	260	2610,4	270	0,8125	704,81	29,37	8,16
10	5,53	260	1437,8	270	0,8125	388,21	16,18	4,49
11	5,84	260	1518,4	270	0,8125	409,97	17,082	4,75



Продолжение табл. 2.1.1

1	2	3	5	4	6	7	8	9
12	4,8	260	1248	270	0,8125	336,96	14,04	3,9
13	5	260	1300	270	0,8125	351	14,625	4,06
14	3,8	260	988	270	0,8125	266,76	11,115	3,09
15	3,9	260	1014	270	0,8125	273,78	11,41	3,17
16	4,4	260	1144	270	0,8125	308,88	12,87	3,58
17	2,94	260	764,4	270	0,8125	206,39	8,60	2,39
18	2,2	260	572	270	0,8125	154,44	6,44	1,79
19	4	260	1040	270	0,8125	280,8	11,7	3,25
20	5,04	260	1310,4	270	0,8125	353,81	14,74	4,10
21	3,75	260	975	270	0,8125	263,25	10,97	3,05
22	2,75	260	715	270	0,8125	193,05	8,05	2,23
23	2,6	260	676	270	0,8125	182,52	7,61	2,11
24	4,2	260	1092	270	0,8125	294,84	12,29	3,4125
25	1,82	260	473,2	270	0,8125	127,76	5,32	1,48
26	0,88	260	228,8	270	0,8125	61,78	2,57	0,72
27	2,78	260	722,8	270	0,8125	195,16	8,13	2,26
28	4,35	260	1131	270	0,8125	305,37	12,72	3,53
29	3,52	260	915,2	270	0,8125	247,10	10,30	2,86
30	2,35	260	611	270	0,8125	164,97	6,87	1,91
31	2,6	260	676	270	0,8125	182,52	7,61	2,11
32	2,2	260	572	270	0,8125	154,44	6,44	1,79
33	1,87	260	486,2	270	0,8125	131,27	5,46975	1,52
34	4,62	260	1201,2	270	0,8125	324,32	13,51	3,75
35	3,78	260	982,8	270	0,8125	265,36	11,06	3,07
36	3,74	260	972,4	270	0,8125	262,55	10,94	3,04
37	3,81	260	990,6	270	0,8125	267,46	11,14	3,10
38	2,88	260	748,8	270	0,8125	202,18	8,42	2,34
39	2,16	260	561,6	270	0,8125	151,63	6,32	1,76
40	4,6	260	1196	270	0,8125	322,92	13,46	3,74
41	3,84	260	998,4	270	0,8125	269,57	11,23	3,12
42	3,36	260	873,6	270	0,8125	235,87	9,83	2,73
43	3,08	260	800,8	270	0,8125	216,22	9,01	2,50
44	4,8	260	1248	270	0,8125	336,96	14,04	3,9
45	4,65	260	1209	270	0,8125	326,43	13,60	3,78
<b>Итого</b>	<b>206,86</b>		<b>53784</b>			<b>14521,57</b>	<b>605,07</b>	<b>168,07</b>
<b>II район</b>								
46	16,97	290	4921,3	300	1,01	1476,4	61,52	17,09
47	7,8	290	2262	300	1,01	678,6	28,28	7,85
48	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07
49	5,25	290	1522,5	300	1,01	456,75	19,03	5,29
50	11	290	3190	300	1,01	957,0	39,88	11,08
51	11,96	290	3468,4	300	1,01	1040,5	43,36	12,04
52	12,9	290	3741	300	1,01	1122,3	46,76	12,99
53	5,5	290	1595	300	1,01	478,5	19,94	5,54
54	9,24	290	2679,6	300	1,01	803,88	33,50	9,30
55	5,25	290	1522,5	300	1,01	456,75	19,03	5,29
56	7,8	290	2262	300	1,01	678,6	28,28	7,85
57	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07

Продолжение табл. 2.1.1

1	2	3	5	4	6	7	8	9
58	5,46	290	1583,4	300	1,01	475,02	19,79	5,50
59	12,5	290	3625	300	1,01	1087,5	45,31	12,59
60	11,96	290	3468,4	300	1,01	1040,5	43,36	12,04
61	9,03	290	2618,7	300	1,01	785,61	32,74	9,09
62	5,25	290	1522,5	300	1,01	456,75	19,03	5,29
63	6,5	290	1885	300	1,01	565,5	23,56	6,55
64	7,8	290	2262	300	1,01	678,6	28,28	7,85
65	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07
66	5,46	290	1583,4	300	1,01	475,02	19,79	5,50
67	6,9	290	2001	300	1,01	600,3	25,01	6,95
68	6,21	290	1800,9	300	1,01	540,27	22,51	6,25
69	4,6	290	1334	300	1,01	400,2	16,68	4,63
70	6,25	290	1812,5	300	1,01	543,75	22,66	6,29
71	5,98	290	1734,2	300	1,01	520,26	21,68	6,02
72	9,66	290	2801,4	300	1,01	840,42	35,01	9,73
73	5,25	290	1522,5	300	1,01	456,75	19,03	5,29
74	12	290	3480	300	1,01	1044,0	43,5	12,08
75	10,8	290	3132	300	1,01	939,6	39,15	10,88
76	8	290	2320	300	1,01	696,0	29,0	8,06
77	13,52	290	3920,8	300	1,01	1176,2	49,01	13,61
78	30,75	290	8917,5	300	1,01	2675,3	111,47	30,96
79	23	290	6670	300	1,01	2001	83,38	23,16
80	7,2	290	2088	300	1,01	626,4	26,1	7,25
81	6,48	290	1879,2	300	1,01	563,76	23,49	6,53
82	4,8	290	1392	300	1,01	417,6	17,4	4,83
83	6	290	1740	300	1,01	522,0	21,75	6,04
84	6,5	290	1885	300	1,01	565,5	23,56	6,55
85	6,25	290	1812,5	300	1,01	543,75	22,66	6,29
86	7,83	290	2270,7	300	1,01	681,21	28,38	7,88
87	7,56	290	2192,4	300	1,01	657,72	27,41	7,61
88	5,67	290	1644,3	300	1,01	493,29	20,55	5,71
89	6,75	290	1957,5	300	1,01	587,25	24,47	6,80
90	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07
91	11,61	290	3366,9	300	1,01	1010,1	42,09	11,69
92	7,83	290	2270,7	300	1,01	681,21	28,38	7,88
93	7,56	290	2192,4	300	1,01	657,72	27,41	7,61
94	5,67	290	1644,3	300	1,01	493,29	20,55	5,71
95	6,5	290	1885	300	1,01	565,5	23,56	6,55
96	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07
97	11,34	290	3288,6	300	1,01	986,58	41,11	11,42
98	7,02	290	2035,8	300	1,01	610,74	25,45	7,07
99	10,24	290	2969,6	300	1,01	890,88	37,12	10,31
100	10,8	290	3132	300	1,01	939,6	39,15	10,88
101	8,85	290	2566,5	300	1,01	769,95	32,08	8,91
102	7,56	290	2192,4	300	1,01	657,72	27,41	7,61
103	12,16	290	3526,4	300	1,01	1057,9	44,08	12,24
104	4,94	290	1432,6	300	1,01	429,78	17,91	4,974
<b>Итого</b>	<b>512,77</b>		<b>148703</b>			<b>44611,0</b>	<b>1858,79</b>	<b>516,33</b>
<b>Всего</b>	<b>719,63</b>		<b>202487</b>			<b>59132,57</b>	<b>2463,86</b>	<b>684,40</b>

## 2.1.2. Расход бытовых сточных вод от промышленных предприятий

### Расход бытовых сточных вод

*Среднесуточный расход*, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{mid} = \frac{(25N_1 + 45N_2)}{1000}, \quad (2.1.5)$$

где  $N_1, N_2$  – число работающих в сутки соответственно в холодных и горячих цехах;

25 и 45 – удельное водоотведение бытовых сточных вод в л/см на 1 работающего соответственно в холодных и горячих цехах.

*Расчетный расход*, л/с:

$$q'_{max.s} = \frac{(25N_3K_1 + 45N_4K_2)}{T \cdot 3600}, \quad (2.1.6)$$

где  $N_3, N_4$  – число работающих в максимальную смену с удельным водоотведением соответственно 25 и 45 л на одного человека в смену;

$K_1, K_2$  – коэффициенты часовой неравномерности водоотведения, равные 3 и 2,5 при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/смену на одного работающего;

$T$  – продолжительность смены в часах.

### Расход душевых сточных вод

Душ должен работать 45 мин.

*Максимальный расход за смену*, м<sup>3</sup>/см:

$$Q_{max.cm} = \frac{q_{qc} \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (2.1.7)$$

*Расчетный расход*, л/с:

$$q''_{max.s} = \frac{q_{qc} \cdot m_q}{3600}, \quad (2.1.8)$$

где  $q_{qc}$  – расход воды через одну душевую сетку, равный 500 л в час;

$m_q$  – число душевых сеток, зависит от количества рабочих, пользующихся душем в максимальную смену. Количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой, принимается в соответствии с [1, табл. 6] в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов (данное значение приведено в Задании на проектирование по вариантам).

### **Расход производственных сточных вод**

**Средний суточный расход сточных вод от технологических процессов,**  
м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{mid} = M \cdot q_{np}. \quad (2.1.9)$$

**Расчетный расход производственных сточных вод,** л/с:

$$q_{\max.s}''' = \frac{M_1 \cdot q_{np}}{T \cdot 3,6} K_1, \quad (2.1.10)$$

где  $M$  и  $M_1$  – количество единиц выпускаемой продукции соответственно в сутки и в максимальную смену;

$q_{np}$  – удельное водоотведение, м<sup>3</sup>, на единицу продукции;

$K_1$  – коэффициент часовой неравномерности сброса производственных сточных вод.

**Сосредоточенный расход от промпредприятия, л/с, составит:**

$$q_{cocr.} = q_{\max.s}' + q_{\max.s}'' + q_{\max.s}''' \quad (2.1.11)$$

### **Промышленное предприятие №2**

#### **Расход бытовых сточных вод**

**Среднесуточный расход:**

$$Q_{mid} = \frac{(25 \cdot 175 + 45 \cdot 74)}{1000} = 7,71 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Расчетный расход:**

$$q_{\max.s}' = \frac{(25 \cdot 123 \cdot 3 + 45 \cdot 52 \cdot 2,5)}{8 \cdot 3600} = 0,52 \text{ л/с.}$$

#### **Расход душевых сточных вод**

**Максимальный расход за смену:**

$$Q_{\max.cm} = \frac{500 \cdot 3 \cdot 45}{60 \cdot 1000} = 1,125 \text{ м}^3/\text{см.}$$

**Расчетный расход:**

$$q_{\max.s}'' = \frac{500 \cdot 3}{3600} = 0,42 \text{ л/с.}$$

#### **Расход производственных сточных вод**

**Средний суточный расход сточных вод от технологических процессов:**

$$Q_{mid} = 5000 \cdot 2,3 = 11500 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Расчетный расход производственных сточных вод:**

$$q_{\max.s}''' = \frac{3500 \cdot 2,3}{8 \cdot 3,6} \cdot 1,5 = 419,27 \text{ л/с.}$$

**Сосредоточенный расход от промпредприятия №2 составит:**

$$q_{\text{соср.}} = 0,52 + 0,42 + 419,27 = 420,2 \text{ л/с.}$$

### **Промышленное предприятие №15**

**Расход бытовых сточных вод**

**Среднесуточный расход:**

$$Q_{\text{mid}} = \frac{(25 \cdot 4760 + 45 \cdot 2040)}{1000} = 2108 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Расчетный расход:**

$$q_{\max.s}' = \frac{(25 \cdot 3332 \cdot 3 + 45 \cdot 1428 \cdot 2,5)}{8 \cdot 3600} = 14,26 \text{ л/с.}$$

**Расход душевых сточных вод**

**Максимальный расход за смену:**

$$Q_{\max.см} = \frac{500 \cdot 15 \cdot 45}{60 \cdot 1000} = 5,625 \text{ м}^3/\text{см.}$$

**Расчетный расход:**

$$q_{\max.s}'' = \frac{500 \cdot 15}{3600} = 2,08 \text{ л/с.}$$

**Расход производственных сточных вод**

**Средний суточный расход сточных вод от технологических процессов:**

$$Q_{\text{mid}} = 700 \cdot 0,5 = 350 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**Расчетный расход производственных сточных вод:**

$$q_{\max.s}''' = \frac{490 \cdot 0,5}{8 \cdot 3,6} \cdot 1,1 = 9,36 \text{ л/с.}$$

**Сосредоточенный расход от промпредприятия №15 составит:**

$$q_{\text{соср.}} = 14,26 + 2,08 + 9,36 = 25,7 \text{ л/с.}$$

### **2.1.3. Определение расчетных расходов на участках сети**

Расчетным называют участок сети между двумя точками (колодцами), на котором расчетный расход является неизменным. Расчетный расход сточных вод для каждого расчетного участка сети определяем как сумму расходов:

- ✓ **попутного**, поступающего в расчетный участок от жилой застройки, расположенной по длине (по пути);
- ✓ **транзитного**, поступающего от расположенных выше кварталов;
- ✓ **бокового**, поступающего от присоединяемых линий;
- ✓ **сосредоточенного**, поступающего в расчетный участок от отдельных крупных водопотребителей (пром. предприятия, бани, прачечные и т.п.).

**Попутный** – расход является переменным, возрастающим от нуля в начале участка до полной своей величины в конце.

**Транзитный, боковой, сосредоточенный** – расходы, поступающие в начало участка, неизменны для всего расчетного участка.

Расчетный расход сточных вод на отдельном участке сети определяем как сумму транзитного, бокового и попутного расходов, умноженную на максимальный коэффициент неравномерности  $K_{gen.max}$  (табл. 2 [1]):

$$q_{max.s} = q_{mid.s} \cdot K_{gen.max} \quad (2.1.12)$$

Результаты определения расходов сточных вод для участков главного коллектора сводим в табл. 2.1.2.

Таблица 2.1.2 – Определение расходов сточных вод для участков главного коллектора

№№ участков	№№ кварталов	Расходы, л/с				Коэффициент неравномерности	Расчетный расход от населения, л/с	ПП		Общий расчетный расход, л/с
		попутный	боковой	транзитный	итого			№ ПП	$q_{соср.}$ , л/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	99-104		54,9		54,9	1,690	92,79	15	25,7	118,49
2-3	92-98		53,31	54,9	108,21	1,598	172,91	15	25,7	198,61
3-4	86-91		46,76	108,21	154,97	1,586	245,78	15	25,7	271,48
4-5	80-85		37,49	154,97	360,53	1,53	553,38	15	25,7	579,08
	1-45		168,07							
5-6					360,53	1,53	553,38	15	25,7	579,08
6-7	74-79		98,75	491,11	589,86	1,510	693,60	15	25,7	719,3
10-9	46,52		30,08		30,08	1,83	55,13	2	420,2	475,33
9-8	47-51,53-55		63,46	30,08	93,54	1,613	150,87	2	420,2	571,07
8-7	56-66		86,39	93,54	179,93	1,58	284,29	2	420,2	704,49
7-ГНС	67-73		45,16	639,21	684,37	1,49	1018,96	2;15	445,9	1464,86

## 2.2. Гидравлический расчет водоотводящей хозяйственно-бытовой сети

Задачей гидравлического расчета водоотводящей хозяйственно-бытовой сети является нахождение оптимальных диаметров, скорости, наполнения трубопроводов, отметок и уклона коллектора.

### 2.2.1. Определение начальной глубины заложения коллектора

Начальную глубину заложения коллектора определяем, исходя из следующих условий:

#### 1. Условие незамерзания

По опыту эксплуатации минимальная глубина принимается равной в начальной точке

$$h_{\min 1} = h_{np.} - a, \quad (2.2.1)$$

где  $h_{np.}$  – глубина промерзания грунта, м;

$a$  – величина, зависящая от диаметра трубопровода: при диаметре до 500 мм –  $a = 0,3$  м, при диаметре  $> 500$  мм –  $0,5$  м.

$$h_{\min PK1} = 1,5 - 0,5 = 1 \text{ м.}$$

$$h_{\min PK10} = 1,5 - 0,5 = 1 \text{ м.}$$

#### 2. Условие нераздавливаемости коллектора транспортом

При массе транспорта  $< 25$  т – начальная глубина заложения лотка трубопровода равна:

$$h_{\min 2} = 0,7 + d \quad (2.2.2)$$

$$h_{\min PK1} = 0,7 + 0,5 = 1,2 \text{ м.}$$

$$h_{\min PK10} = 0,7 + 0,8 = 1,5 \text{ м.}$$

Выбираем максимальное значение из двух ( $h_{\min 1}, h_{\min 2}$ ) и принимаем его за расчетную глубину заложения первого колодца.

### 2.2.2. Гидравлический расчет бытовой сети

Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети водоотведения выполняем в следующей последовательности:

1. **Номера участков** записываем по порядку, т.е. 1-2, 2-3, 3-4 и т.д.;
2. **Длины участков**, м (измеряем с помощью линейки на генплане, пересчитываем по масштабу и записываем в графу в метрах);
3. **Расчетный расход**  $q_{\max.s}$ , л/с (расчетный расход на том или ином участке, определяемый по формуле (2.1.12));
4. **Диаметр трубопровода на участке**  $d$ , мм
5. **Уклон трубы**  $i$ , м

Согласно СНиПу [1, п. 2.41] наименьшие уклоны трубопроводов и каналов следует принимать в зависимости от допустимых минимальных скоростей движения сточных вод.

Наименьшие уклоны трубопроводов для всех систем канализации следует принимать для труб диаметрами: 150 мм – 0,008, 200 мм – 0,007.

В зависимости от местных условий при соответствующем обосновании для отдельных участков сети допускается принимать уклоны для труб диаметрами: 200 мм – 0,005, 150 мм – 0,007.

#### 6. **Скорость воды $v$ , м/с**

Согласно СНиПу [1, п. 2.34] во избежание заиливания канализационных сетей расчетные скорости движения сточных вод следует принимать в зависимости от степени наполнения труб и каналов и крупности взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах.

При наибольшем расчетном наполнении труб в сети бытовой канализации наименьшие скорости принимаем по (табл. 16 [1]).

#### 7. **Наполнение $h/d$ , м**

При наименьшей расчетной скорости в сети бытовой канализации наибольшее наполнение принимаем по (табл. 16 [1]).

#### 8. **Глубина воды $h$ , м**

Глубина воды определяется путем перемножения расчетного наполнения и диаметра трубы:

$$h = \frac{h}{d} \cdot d. \quad (2.2.3)$$

#### 9. **Уклон земли по участкам $i_z$ , м**

Уклон земли по участкам равен:

$$i_z = \frac{z_{zn} - z_{zk}}{l}, \quad (2.2.4)$$

где  $z_{zn}$  – отметка земли в начале участка;

$z_{zk}$  – отметка земли в конце участка;

$l$  – длина участка.

#### 10. **Падение линии $h_i$ , м**

Падение линии определяется путем перемножения уклона трубы и длины участка:

$$h_i = i \cdot l. \quad (2.2.5)$$

#### 11. **Отметки земли в начале и в конце каждого участка**

Отметки земли определяются непосредственно по генплану, путем интерполяции, с округлением значений до сотых долей метра.

#### 12. **Отметка воды в начале участка, м**

Отметка воды в начале участка составляет:

$$Z_{вн} = Z_{дн} + h, \quad (2.2.6)$$



где  $Z_{лн}$  – отметка лотка (низа) трубы в начале участка, м;  
 $h$  – глубина воды, м.

13. **Отметка воды в конце участка**, м

Отметка воды в конце участка составляет:

$$Z_{вк} = Z_{лк} + h, \quad (2.2.7)$$

где  $Z_{лк}$  – отметка лотка (низа) трубы в конце участка, м.

14. **Начальная отметка лотка (низа) трубы**, м

Начальная отметка лотка (низа) трубы:

$$Z_{лн} = Z_{л} - h_{нач}, \quad (2.2.8)$$

где  $h_{нач}$  – начальное заглубление, м.

15. **Отметка лотка в конце участка**, м

Отметка лотка трубопровода в конце участка:

$$Z_{лк} = Z_{лн} - i \cdot l, \quad (2.2.9)$$

где  $i \cdot l$  – падение линии.

Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети водоотведения сводим в табл. 2.2.1.

На основании гидравлического расчета строим продольный профиль главного коллектора, представленный на рис. 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой сети

№№ участков	Длина участка $l$ , м	Расчетный расход, л/с	Диаметр $d$ , мм	Уклон $i$	Скорость $V$ , м/с	Наполнение $h/d$	Падение линии $h=i \cdot l$ , м	Отметки, м				Глубина заложения, м	
								поверхн. земли		лотка трубы		в начале участка	в конце участка
								в начале участка	в конце участка	в начале участка	в конце участка		
1-2	500	118,49	500	0,0016	0,8	0,7	0,8	103,3	103,4	102,1	101,3	1,2	2,1
2-3	400	198,61	600	0,002	1,05	0,65	0,8	103,4	103,5	101,2	100,4	2,2	3,1
3-4	680	271,48	800	0,0016	1,01	0,528	1,028	103,5	103,4	100,2	99,112	3,3	4,288
4-5	580	579,08	900	0,0015	1,165	0,73	0,87	103,4	103,3	99,08	98,21	4,388	5,158
5-6	600	579,08	900	0,0015	1,165	0,73	0,9	103,3	103,2	98,21	97,31	5,158	5,958
6-7	280	719,3	1000	0,0011	1,08	0,78	0,308	103,2	103,3	97,21	96,902	6,058	6,466
10-9	220	475,33	800	0,0018	1,188	0,74	0,396	103,5	103,4	101,9	101,504	1,5	1,996
9-8	610	571,07	900	0,0015	1,164	0,72	0,915	103,3	103,5	101,404	100,489	2,096	2,811
8-7	670	704,49	1000	0,0013	1,519	0,721	0,871	103,3	103,3	103,389	99,518	2,911	3,782
7-ГНС	160	1464,86	1200	0,0017	1,519	0,796	1,139	103,3	103,3	96,634	96,362	6,666	6,938

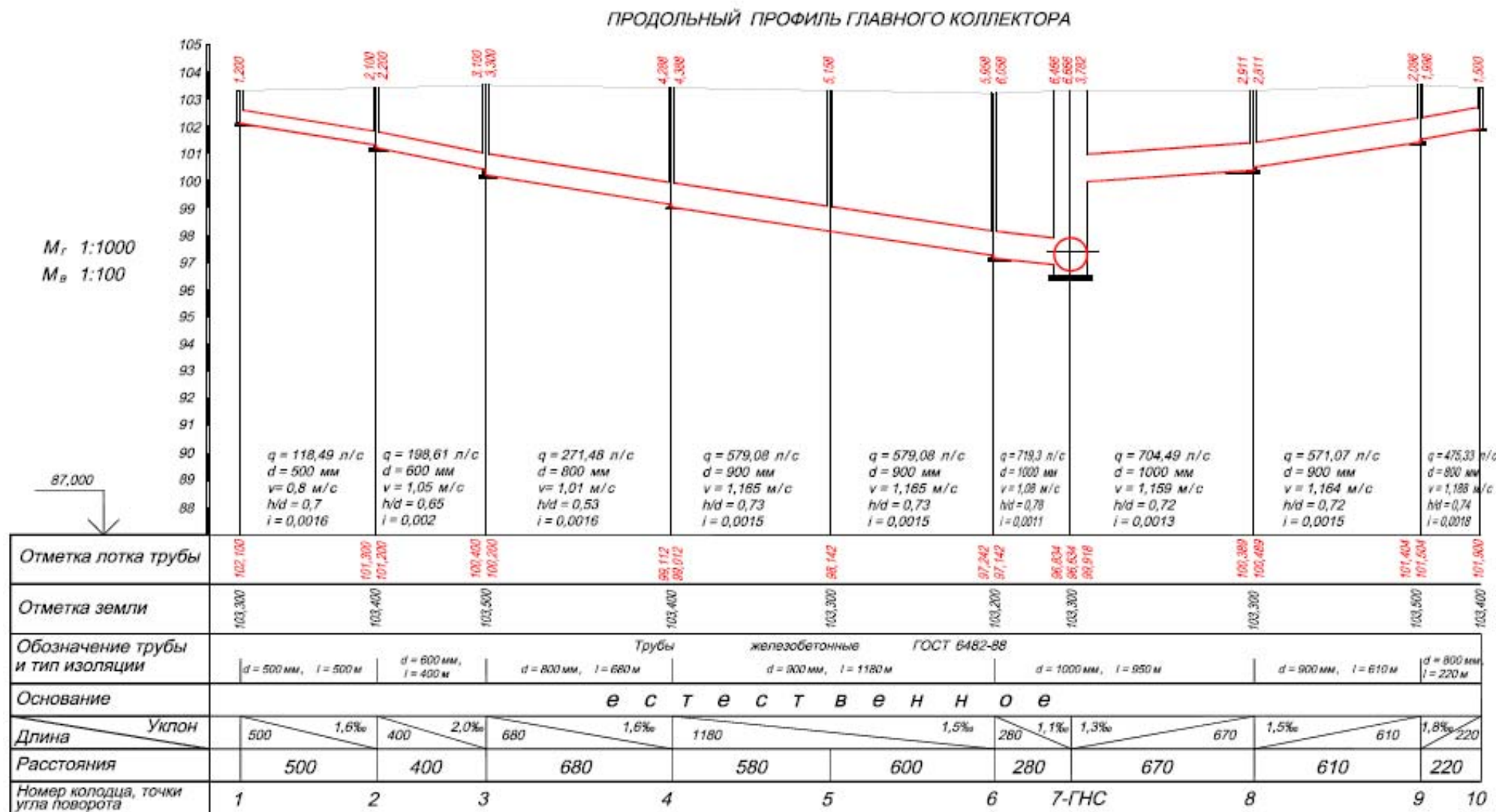


Рис. 2.2.1 – Продольный профиль главного коллектора

## 2.3. Расчет дюкера

Расчет дюкера ведем по таблицам Лукиных [2].

При прохождении через дюкеры сточная жидкость испытывает сопротивление от трения при движении по трубам и ряд добавочных местных сопротивлений, как-то: сопротивление при входе в дюкерную трубу, сопротивление при выходе из нее и сопротивление при прохождении через повороты, обуславливаемые очертанием дюкера. Движение воды в дюкере происходит под напором, образующимся в результате разности уровня воды в его начале и конце.

Определяем расчетный расход через дюкер:

$$q_{\max..s} = q_{\text{mid..s}} \cdot K_{\text{gen..max}} = 168,07 \cdot 1,583 = 266,055 \text{ л/с.}$$

Через одну трубу пройдет расход:  $q_{\max..s1} = q_{\max..s} / 2 = 266,05 / 2 = 133,03$  л/с.

Определяем сопротивления, испытываемые сточной жидкостью при прохождении ее через дюкер.

Потери напора, приходящейся на единицу длины трубопровода (так называемые единичные сопротивления), определяются при  $n = 0,013$  по таблице 44 [2]:  $i = 0,0077$ ,  $D = 350$  мм;  $V = 1,39$  м/с.

$$h_l = i \cdot L = 0,0077 \cdot 34 = 0,2618 \text{ м.}$$

Сопротивление при входе в дюкер  $h_1$  определяем по табл. 45 [2]:

$$h_1 = 0,0553 \text{ м.}$$

Сопротивление при выходе из дюкера  $h_2$  определяем по табл. 45 [2].

$$h_2 = 0,0026 \text{ м } (\Delta V = V_{\text{дюк}} - V_0 = 1,39 - 1,165 = 0,225 \text{ м/с}).$$

Сопротивления в закруглениях  $h_3$  определяем по табл. 47 [2] при принятой скорости в дюкере  $V_\alpha$  и  $V_\beta$ :

$$\text{при } \alpha = 10^\circ \quad h_3^1 = 2 \cdot 0,00148 = 0,00296 \text{ м;}$$

$$\text{при } \beta = 30^\circ \quad h_3^2 = 2 \cdot 0,00453 = 0,00906 \text{ м;}$$

$$\text{т.е. } h_3 = h_3^1 + h_3^2 = 0,00296 + 0,00906 = 0,01202 \text{ м.}$$

Полное сопротивление в дюкере составит:

$$H = i \cdot L + h_1 + h_2 + h_3 = 0,2618 + 0,0553 + 0,0026 + 0,01202 = 0,3317 \text{ м.}$$

Определяем отметку лотка трубы в верхней камере дюкера:

$$Z_{\text{ВДК}} = Z_{\text{НДК}} + H = 99,1 + 0,3317 = 99,4317 \text{ м.}$$

Схема устройства дюкера через реку представлена на рис. 2.3.1.

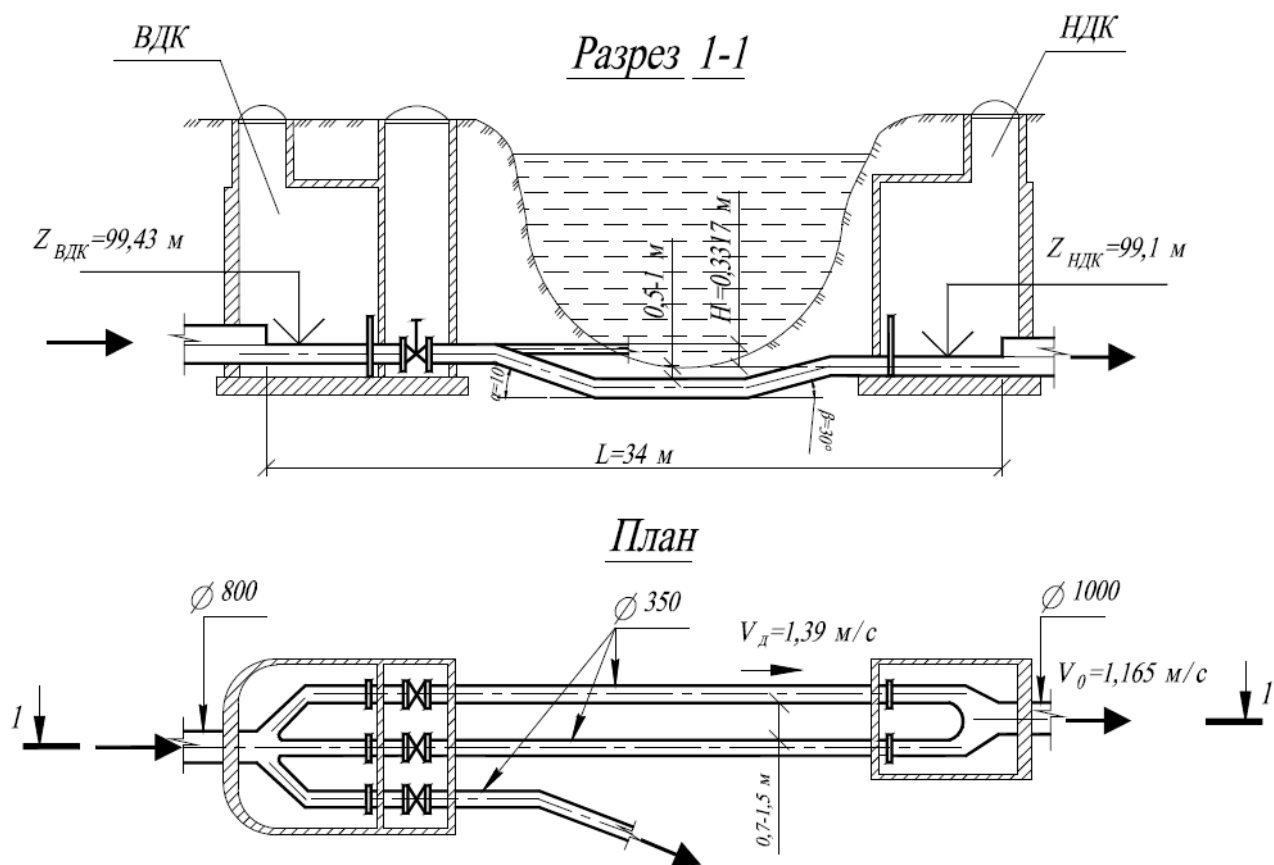


Рис. 2.3.1 – Схема устройства дюкера через реку

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.
2. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Справочное пособие. – 5-е изд. – М.: Стройиздат, 1987. – 152 с.
3. Федоров Н.Ф., Волков Л.Е. Гидравлический расчет канализационных сетей: Расчетные таблицы. – 4-е изд. – Л.: Стройиздат, 1968. – 208 с.
4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1996. – 392 с.
5. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – Л.: Стройиздат, 1990. – 223 с.
6. Абрамович И.А. Сети и сооружения водоотведения. Расчет, проектирование, эксплуатация. – Харьков, 2005. – 288 с.
7. Калицун В.М. Водоотводящие системы и сооружения. – М., 1987. – 335 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

**Министерство образования и науки Украины**  
**Харьковский национальный университет городского хозяйства**  
**имени А.Н. Бекетова**  
**Кафедра Водоснабжения, водоотведения и очистки вод**

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине  
**«Водоотводящие сети и сооружения»**

Студента (ки)   4   курса  
группы \_\_\_\_\_  
направления подготовки  
**6.060103 «Гидротехника (водные ресурсы)»**

\_\_\_\_\_  
(фамилия и инициалы)

Руководитель: **асс. Ковалева А.А.**

Национальная шкала \_\_\_\_\_

Количество баллов: \_\_\_\_\_ Оценка: ECTS \_\_\_\_\_

Члены комиссии: **Колесник Н.Ю.**

**г. Харьков – 20\_\_ год**

## Приложение 2

**Табл. 2 СНиП [1] - Коэффициенты неравномерности притока сточных вод в зависимости от расхода**

Общий коэффициент неравномерности притока сточных вод	Средний расход сточных вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Максимальный $K_{gen. max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Минимальный $K_{gen. min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

## Приложение 3

**Трубы керамические канализационные по ГОСТ 286-82**

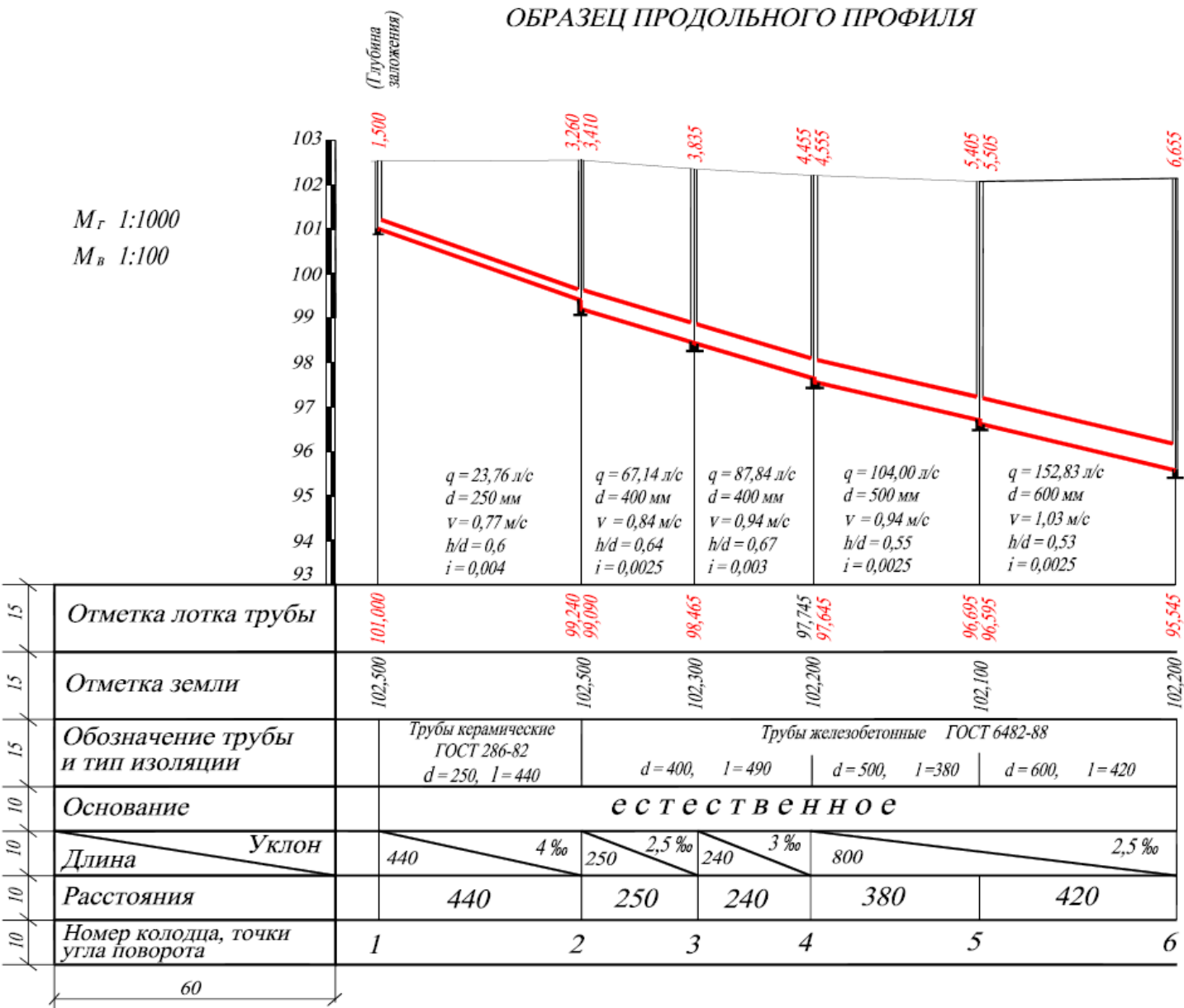
Код ОКП	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм	Масса трубы, кг	Завод-изготовитель
1	2	3	4	5	6
57 5511	150	19	1170	36	Артемковский керамико-трубный комбинат
57 5512	200	20	1170	47	Артемковский керамико-трубный комбинат
57 5513	250	-	-	-	Волгоградский керамический завод
57 5514	300	27	1100	76	Артемковский керамико-трубный комбинат
57 5515	350	28	1100	89	Артемковский керамико-трубный комбинат



**Трубы железобетонные безнапорные по ГОСТ 6482-88**

№ п/п	Диаметр Д <sub>у</sub> , мм	Типо-размер ы труб	Толщина стенки, мм	Длина трубы, мм	Вес одной трубы, т	Завод-изготовитель
1	2	3	4		5	6
1.	400	РТ 4.50-1 РТ 4.50-2	50	5000	0,95	Мозырский завод сборного железобетона №12
2.	500	РТ 5.50-1 РТ 5.50-2	60	5000	1,40	Мозырский завод сборного железобетона №12
3.	600	РТ 6.50-1	60	5000	1,70	Мозырский завод сборного железобетона №12
4.	800	РТ 8.50-1 РТ 8.50-2	80	5000	3,00	Мозырский завод сборного железобетона №12
5.	1000	РТ 10.50-1 РТ 10.50-2	100	5000	4,60	Мозырский завод сборного железобетона №12
6.	1200	РТ 12.50-1 РТ 12.50-2	110	5000	6,10	Мозырский завод сборного железобетона №12
7.	1400	РТ 14.50-1 РТ 14.50-2	110	5000	7,00	Мозырский завод сборного железобетона №12
8.	1600	РТ 16.20-1 РТ 16.20-2	120	2000	3,80	Минский завод сборного железобетона №1
9.	2000	РТ 20.15-1 РТ 20.15-2	130	1500	3,25	Минский завод сборного железобетона №1

$M_r$  1:1000  
 $M_v$  1:100



Данные для расчета расходов от населения

№ п/п	№№ промпредприятий	Плотность населения $P$ , чел./га		Удельное водоотведение, $q_{\delta}$ , л/(сут.·чел.)	
		$P_1$	$P_2$	$q_{\delta 1}$	$q_{\delta 2}$
1	30, 26	400	280	350	310
2	2, 19	350	300	350	300
3	3, 20	250	180	200	160
4	4, 21	150	200	210	180
5	5, 22	250	310	230	300
6	6, 23	140	180	160	210
7	7, 24	160	280	180	230
8	8, 25	180	210	200	220
9	9, 26	200	230	210	240
10	10, 27	210	240	220	270
11	11, 28	220	250	230	290
12	12, 29	230	260	240	300
13	13, 30	240	270	250	290
14	14, 6	250	280	260	280
15	26, 2	270	300	250	310
16	16, 3	270	300	280	320
17	17, 4	280	310	290	330
18	18, 7	290	320	300	290
19	19, 17	150	210	180	320
20	1, 20	250	300	160	230
21	2, 21	270	310	170	250
22	3, 22	290	320	180	270
23	4, 23	310	200	190	290
24	5, 24	330	180	200	310
25	6, 25	350	160	210	330
26	7, 26	370	140	220	350
27	8, 27	390	120	230	340
28	9, 28	200	140	220	320
29	10, 29	210	160	210	300
30	11, 30	220	180	200	280

## Приложение 7

### Данные для расчета расходов на промпредприятиях

№ п/п	Наименование промпредприятия	Кол- во смен	Общее кол-во работающих, чел.	Производи- тельность предприятия	Удельный расход воды на единицу продукции, м <sup>3</sup>	Коэф. часовой неравномерности сброса производств. сточных вод	Кол-во человек на 1 душевую сетку	Польз. душем, %
1.	Тернопольский карьер	2	150	200 т/сут	5,01	1,01	3	60
2.	Кирпичный завод	3	249	5000 шт./сут	2,3	1,5	3	80
3.	Макаронная фабрика	3	200	1200 т/сут	3,5	1,3	15	50
4.	Сыроваренный завод	2	1300	5000 т/сут	5,3	1,2	5	60
5.	Ф-ка химчистки и окраски одежды	2	300	200 шт./сут	1,5	1,1	3	85
6.	Обувная фабрика	2	400	2000 пар/сут	2,5	1,05	15	60
7.	З-д по производству мясокостной муки	2	86	250 т/сут	4,4	1,2	5	70
8.	Коксохимзавод	3	7100	2000 т/сут	3,5	1,6	3	85
9.	Хлебозавод	3	406	95 т/сут	2,2	1,8	5	65
10	Станки для холодной обработки металла	3	300	1300 шт./сут	6,3	1,06	15	60
11	Асфальтобетонный завод	3	232	2000 т/сут	5,8	1,02	5	70
12	Рыбокомбинат	2	300	850 т/сут	2,6	1,05	3	90
13	Ткацкая фабрика	2	350	140 т/сут	1,6	1,3	5	50
14	Мясокомбинат	3	1350	500 т/сут	3,5	1,2	15	60
15	З-д легковых автомобилей	3	6800	700 шт./сут	0,5	1,1	15	50
16	З-д безалкогольных напитков	3	120	1000 л/сут	7,2	1,1	5	40
17	Завод искусственных шкур	3	500	120 т/сут	3,3	1,5	3	80
18	Тракторный завод	2	9220	350 шт./сут	1,2	1,4	5	80
19	Комбайновый завод	3	1000	200 шт./сут	2,1	1,05	5	50

№ п/п	Наименование промпредприятия	Кол- во смен	Общее кол-во работающих, чел.	Производи- тельность предприятия	Удельный расход воды на единицу продукции, м <sup>3</sup>	Коэф. часовой неравномерности сброса производств. сточных вод	Кол-во человек на 1 душевую сетку	Польз. душем, %
20	Фарфоровый завод	3	1200	800 т/сут	5,4	1,06	5	50
21	Фармацевтическая ф-ка	2	444	100 т/сут	2,8	1,3	3	40
22	Маслосырбаза	3	150	600 т/сут	2,2	1,2	3	60
23	Пивзавод	3	366	2000 л/сут	5,5	1,2	3	60
24	Сахарный завод	3	770	3000 т/сут	3,3	1,05	5	50
25	Издательство	2	216	500 т/сут	1,1	1,04	15	30
26	Подшипниковый завод	3	170	500 т/сут	4,6	1,02	5	70
27	Парфюмерная фабрика	2	550	800 л/сут	2,6	1,1	5	60
28	Завод хозяйственных изделий	2	360	300 т/сут	1,3	1,2	5	40
29	Локомотивное депо	2	1250	150 шт./сут	5,4	1,02	3	70
30	Фабрика грубого полотна	2	600	210 т/сут	1,6	1,01	5	60

### Образец штампа для графической части

	17	23	15	10	70	15	15	20
<b>55</b>					МОиН Украины ХНУГХ им. А.Н. Бекетова			
		Фамилия И.О.	Подп.	Дата	6.060103 „Гидротехника (Водные ресурсы)“ КП			
	Выполнил							
	Проверила	Ковалева Е.А.			Водоотводящие сети и сооружения	Лист	Листов	Масшт.
						1	1	1:10000
				Генплан города с сетью	кафедра ВВ и ОВ			
	185							

*Навчальне видання*

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

*до виконання курсового проекту*

*з дисципліни*

### **«ВОДОВІДВІДНІ МЕРЕЖІ І СПОРУДИ»**

*(для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки  
6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)" )*

*(рос. мовою)*

Укладач: **КОВАЛЬОВА** Олена Олександрівна

Відповідальний за випуск: *проф. кафедри ВВ і ОВ, д.т.н. С. С. Душкін*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання      *О. О. Ковальова*

План 2012, поз. 119М

---

Підп. до друку 10.04.2012

Друк на ризографі.

Тираж 40 пр.

Формат 60x84/16

Ум. друк. лист. 2,8

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.